

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ОКСИДОВ В ШЛАКЕ НА СВОЙСТВА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ

Окиси кальция, кремния, магния, алюминия применяются в металлургии для формирования различных шлаков. В составе шлаковых систем эти оксиды оказывают существенное влияние на свойства применяемого шлака.

*Ключевые слова:* Шлак, компонент, свойства, поверхность, слой, объем, мольная доля, удаление серы, поверхностное натяжение, вязкость, тепло и теплопроводность, электропроводность.

In article considered influence  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{MgO}$  in slags steel-making processes for physical and chemical characteristics.

*Keywords:* Slag, desulfuration, viscosity, thermal-physical properties, optical properties, molar mass, molecular structure, density of slag, oxygen's content of the slag and metal.

Шлаки систем  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$  широко используются в металлургии для создания печных шлаков и для внепечного рафинирования стали.  $\text{CaO}$  и  $\text{SiO}_2$  в составе этих систем являются поверхностно-активными компонентами, которые оказывают заметное влияние на многие физические и химические свойства шлаков этих систем (серопоглощение, поверхностное натяжение, тепло- и теплопроводность, плотность, вязкость, температуру плавления, содержание кислорода в металле и др.). В работе [1] установлено, что ( $\text{SiO}_2$ ) в шлаках системы  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ , являясь поверхностно-активным компонентом, оказывает влияние на  $\sigma$  шлаковых расплавов. С ростом ( $\text{SiO}_2$ ) в шлаке (в пределах от 10 до 30 вес.%) поверхностное натяжение  $\sigma$  шлаковых расплавов снижается. При этом концентрация  $\text{SiO}_2$  в поверхностном слое шлака значительно отличается от объемной и достигает до 0,34 мол.%, тогда как его молярная доля в объеме этого расплава, в среднем в два раза меньше (0,1728 %). Попель С. И. и др. в [2], изучая распределение ( $\text{SiO}_2$ ) между поверхностью и объемом, установили, что в расплаве  $\text{CaO-SiO}_2$  – вблизи линии ликвидуса в глубине объема расплава  $N_{\text{SiO}_2} = 0,38$  мол.%, а в поверхностном слое приблизительно в 2 раза больше –  $N_{\text{SiO}_2} = 0,72$  мол.%. В работе [3] установлено заметное отличие в содержании  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ , в поверхностном слое шлаков от их содержания в объеме. В изученных шлаках доля  $\text{SiO}_2$  в поверхностном слое кон-

концентрация  $\text{SiO}_2$  была в два раза выше, чем в объеме. Расчет поверхностных концентраций компонентов для различных шлаков выполнен нами по методике Попеля С.И. и др. [4] в рамках монослоя. Изучение влияния химического состава шлака на его радиационные характеристики [3] показало, что увеличение мольной доли  $\text{SiO}_2$  за счет замены мольной доли  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в шлаке (при постоянной –  $\text{CaO}$ ), в пределах изменения  $\text{SiO}_2$  в объеме от 0,06 до 0,22 мол.%, приводит и к росту  $\text{SiO}_2$  в поверхностном слое – от 0,12 до 0,40 мол.%. Изменение состава шлака в объеме, а соответственно, и в поверхностном слое, как показывают опытные данные, приводит к уменьшению интегральной степени черноты шлака. В работе [5] снижение ( $\text{SiO}_2$ ) от 20 до 41,15 % также подтверждает влияние ( $\text{SiO}_2$ ) на радиационные характеристики шлаков. Найдек В. Л. и др. в [6] указывают, что рост ( $\text{SiO}_2$ ) с 10 до 15 % приводит к снижению величины сульфидной емкости  $C_s$  шлака в 3 раза. Тогобицкая Б. Н. и др. [7], классифицируя серопоглотительную способность металлургических шлаков  $C_s$ , через интегральные физико-химические критерии ( $\Delta e$  – химический эквивалент и  $\rho$  – показатель стехиометрии и среднестатистический заряд связи катион-аниона  $Z_{(k-a)}$ ) установили, что в области (зоне, названной и выделенной авторами) шлаков, предназначенных для глубокой десульфурации металлов, нет составов содержащих ( $\text{SiO}_2$ ). В других зонах составов шлаков ( $\text{SiO}_2$ ) присутствует. Комельков В. К. и др. [8] установили сложное влияние добавок ( $\text{SiO}_2$ ) на вязкость известково-глиноземистых шлаков при температуре 1600 °С и выше. Евсеев Г.П. и др. [10] установили, что возрастание  $\text{SiO}_2$  в известково-глиноземистых шлаках (в пределах от 1 до 18 % при постоянной мольной доле  $\text{CaO}$  и при замене  $\text{Al}_2\text{O}_3$  на  $\text{SiO}_2$ ) приводит к росту температуры плавления шлака. А в работе [11] Евсеев Г. П. и др. установили влияние различных добавок (в том числе и  $\text{CaO}$  и  $\text{SiO}_2$ ) на электропроводность известково-глиноземистых шлаков, при этом рост содержания  $\text{SiO}_2$  приводит в большей степени к снижению удельной электропроводности, чем даже  $\text{ZrO}_2$ . В работе [12] установлено влияние  $\text{CaO}$  и  $\text{SiO}_2$  на тепло- и температуропроводность шлаков систем  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ . Увеличение  $\text{SiO}_2$  в этих шлаках от 0 до 15 вес.% приводит к уменьшению величины тепло- и температуропроводности, а  $\text{CaO}$  – к росту. Все это вместе взятое говорит о существенном влиянии  $\text{CaO}$  и  $\text{SiO}_2$  в разных шлаках на его физические и химические свойства.

### Список литературы

1. Магидсон И. А. Поверхностное натяжение и адсорбция высокоизвестковых расплавов  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  / И. А. Магидсон, А. В. Басов, Н. А. Смирнов // Труды XIII Рос. конф. «Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов». Екатеринбург, 2011. Т. 3. С. 95–98.
2. Попель С. И. Теория металлургических процессов / С. И. Попель, А. И. Сотников, В. Н. Бороненков. М.: Металлургия, 1986. 463 с.

3. Журавлев А. А. Количественная оценка влияния химического состава объема и поверхностного слоя шлаков системы  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  на радиационные характеристики / А. А. Журавлев // Труды XIII Рос. конф. «Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов». Екатеринбург, 2011. Т. 3. С. 92–93.
4. Попель С. И. Номограммы для расчета поверхностного натяжения растворов / С. И. Попель, В. В. Павлов, А. Г. Залазинский. Свердловск: УПИ, 1974. 7 с.
5. Каиров Э. А. Влияние химического состава расплавленного мартеновского шлака на его радиационные характеристики / Э. А. Каиров, Б. С. Мастрюков, В. А. Кривандин // Известия вузов. ЧМ. 1970. № 7. С. 155–158.
6. Найдек В. Л. Десульфуризирующие свойства активных шлаковых расплавов при полиреагентном ковшевом рафинировании конверторной стали / В. Л. Найдек, С. Г. Мельник, В. И. Курпас // Труды XIII Рос. конф. «Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов». Екатеринбург, 2011. Т. 3. С. 65–66.
7. Тогобицкая Д. Н. Оценка серопоглотительной способности металлургических шлаков / Д. Н. Тогобицкая, В. П. Пиптюк, Н. Е. Ходотова и др. // Труды XIII Рос. конф. «Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов». Екатеринбург, 2011. Т. 4. С. 106–109.
8. Комельков В. К. Вязкость известково-глиноземистых шлаков содержащих окислы Si, Mg фтористый кальций / В. К. Комельков, Г. В. Ширер, С. Г. Воинов и др. // Теория металлургических процессов. (ЦНИИМ). Металлургия. 1968. Вып. 61. С. 16–19.
9. Волосников М. И. Исследование взаимодействия металла с синтетическими шлаками с повышенным содержанием двуокси кремния / М. И. Волосников, Е. И. Арзамасцев, П. В. Умрихин : дисс. ... канд. техн. наук. Свердловск, 1974. 179 с.
10. Евсеев Г. П. Влияние добавок на температуру плавления шлаков системы  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$  / Г. П. Евсеев, Л. И. Синюкова, А. Ф. Филиппов // Известия вузов. ЧМ. 1966. № 1. С. 74–78.
11. Евсеев Г. П. Влияние добавок на электропроводность фтористых и известково-глиноземистых шлаков / Г. П. Евсеев, А. Ф. Филиппов // Физико-химические основы производства стали. М., 1968. С. 76–82.
12. Журавлев А. А. Измерение теплофизических свойств шлаковых расплавов при высоких температурах / А. А. Журавлев // Труды XIII Рос. конф. «Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов». Екатеринбург, 2011. Т. 3. С. 85–87.